

ELEKTROKYMOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN
BEI ISOLIRTER VALVULÄRER PULMONALSTENOSE

Helmut Hans Schlick

1966

Aus der Röntgenabteilung (Leiter: Prof. Dr. A. Gebauer)
der I. Medizinischen Universitätsklinik Frankfurt am Main
(Direktor: Prof. Dr. F. Hoff)

ELEKTROKYMOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN
BEI ISOLIERTER VALVULÄRER PULMONAL-
STENOSE

Inaugural - Dissertation
zur

Erlangung des Doktorgrades
der gesamten Medizin

der hohen medizinischen Fakultät
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
zu Frankfurt am Main

vorgelegt von
Helmut Hans Schlick
aus Viernheim

Frankfurt am Main 1966

Dekan : Professor Dr. W. Rotter

Referent : Professor Dr. J. Lissner

Korreferent : Professor Dr. F. Strnad

Mündliche Prüfung : 9. August 1966



MEINEN ELTERN
IN DANKBARKEIT GEWIDMET

Herrn Prof. Dr. J. Lissner danke ich
herzlich für die Anregung zu dieser
Arbeit. Frau Prof. Dr. K. Weiße und
Herrn Prof. Dr. A. Gebauer gilt Dank
für Erlaubnis zur Einsichtnahme in
Krankenblätter und Röntgenunterlagen.
Frau Pecher danke ich für die Mithilfe
bei der Herstellung des Bildmaterials.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung.....	1
B. Literatur	1
C. Material und Methodik.....	4
D. Angaben zur Untersuchungstechnik	6
E. Bildmaterial.....	8
F. Kasuistik	14
G. Messergebnisse.....	29
H. Diskussion.....	31
I. Zusammenfassung.....	36
J. Literaturverzeichnis.....	37

E i n l e i t u n g :

Die Elektrokymographie hat heute ein wohl-umrissenes Anwendungsgebiet bei der Diagnostik von Herz- und Lungenerkrankungen verschiedener Genese. Bei Darstellung von Bewegungsvorgängen am Herzen besonders in solchen Fällen, wo eine Änderung des Bewegungsablaufes für bestimmte Herzkrankungen typisch oder sogar pathognomonisch ist, bietet sich diese Untersuchungsmethode an.

Bei der isolierten valvulären Form der angeborenen Pulmonalstenose fand man solche typischen Zeichen des Bewegungsablaufes der Pulsationskurve der Arteria pulmonalis im Elektrokymogramm, die Einblicke in das haemodynamische Geschehen dieser Erkrankung zuläßt. Im Rahmen dieser Arbeit ist zu klären, ob mit Hilfe des Elektrokymogramms eine Aussage über den Schweregrad der Pulmonalstenose möglich ist.

L i t e r a t u r :

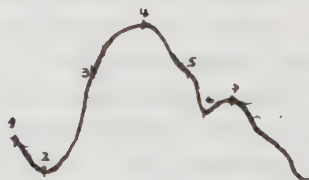
Die grundlegenden Erkenntnisse über Bewegungsabläufe eines Röntgenschnitts stammen von SABAT (52) und GÖTT und ROSENTHAL (20). Zwei verschiedene Techniken stehen uns zur Verfügung, um diese Bewegungsabläufe sichtbar zu machen. Einmal die Flächenkymographie, die es ermöglicht, die Gesamtfläche des Herzschnitts mitsamt seinen Randbewegungen zu erfassen (STUMPF (58)) - zum andern die Elektrokymographie, mit der man mittels einer Fotozelle einen begrenzten Teil der Herzsilhouette in seiner Randpulsation aufzeichnen kann.

Die Erkenntnisse der letzteren Methode wurden übersichtlich zusammengestellt von HOCKMANN (27, 28), der auch einen Elektrokymographen beschrieb, wie er heute allgemein Anwen-

dung findet.

Spezielle Untersuchungen über Bewegungsabläufe bzw. Pulsationskurven der Arteria pulmonalis bei Patienten mit valvulärer Pulmonalstenose stammen von ANDERSSON (2), BOONE (5), CHAMBERLAIN (10), DACK (12), DONZELOT (14, 15), HECKMANN (26, 27), KARPATI (30), KENNER (31), LISSNER (39), LUISADA (41), SALANS (53).

Die physiologische Pulskurve der Arteria pulmonalis - s. Schema nach RUDHE (50) - ist gekennzeichnet durch eine inkonstante Vorschwankung (Kurvenabschnitt 1 - 2) entsprechend der isometrischen Kontraktionsphase der beginnenden Systole, durch eine steile Aufwärtsbewegung während der schnellen Füllungsphase (Kurvenabschnitt 2 - 3) mit einer durchschnittlichen Zeitdauer von 0,05 sec., einen anschließenden flacheren Teil während der langsameren Füllungsphase (Abschnitt 3 - 4) mit einer Zeitdauer von 0,02 - 0,04 sec. Der Kurvengipfel (4) wird erreicht nach 0,05 - 0,12 sec. - Mittelwert nach LISSNER (39) und SALANS (53) 0,08 sec. Es schließt sich der protodiastolische Teil der Kurve an mit dem steilen Kurvenabfall und anschließender Inzisur, der dikroten Welle und dem allmählich abfallenden Kurventeil in der späten Diastole.



Elektrokymogramm der A.
pulmonalis nach RUDHE (50)

Kurvenbilder bei Pulmonalstenose wurden veröffentlicht von: ANDERSSON (2), DACK (12), DONZELOT (14), HAUBRICH (25), HECKMANN (27), RUDHE (50).

Hier sei die Beschreibung der Kurvenverlaufsform wiedergegeben nach HECKMANN (27) bei Ableitung der Pulscurve von der Pulmonalbogenmitte bei sagittalem Strahlengang.

1. Deutlich aufsteigendes anakrotes Segment.
2. Anstieg der Austreibungsphase verläuft langsamer - zeigt gegen Ende mitunter konkaven Verlauf.
3. Dem Kurvengipfel geht oft eine flache Stufe voraus, bezeichnet als anakroter Knick, der Kurvengipfel ist spitz oder abgerundet und fällt spät in die Systole.
4. Dikrote Welle und Inzisur fehlen oft oder sind nur angedeutet.

Die anakrote Welle - eine oft nur flache Schwingung im Anfangsteil der Kurve - ist ein häufig registrierter Befund bei einer valvulären Pulmonalstenose. Sie kommt in seltenen Fällen auch bei Normalverhältnissen bei Ableitung der Elektrokymogrammkurve an der Basis des Pulmonalbogens vor, also nur in unmittelbarer Klappennähe (RUDHE (50) und ANDERSSON (2)). Die Bedeutung der anakroten Welle wird an anderer Stelle erörtert.

Der zum Ende der Systole hin verlagerte Kurvengipfel bedeutet eine verlängerte Austreibungszeit. Das Sistieren der Inzisur und das Fehlen der dikroten Welle wird erklärt durch die Annahme (HECKMANN (27)), daß der erhöhte Kammerdruck im rechten Ventrikel bei stenosierter Pulmonalklappe die Energie des Klappenschlusses vermindert. Hinzu komme der verminderte Druck in der Arteria pulmonalis und der morphologische Zustand der Pulmonalklappe.

Die anakrote Welle im Kurvenanstieg ist für das Erkennen einer valvulären Pulmonalstenose im Elektrokymogramm von großer Bedeutung (ANDERSSON (2)). RUDHE (50) vermißt nur selten dieses Phänomen. Die Lage des Knickes hing -

wie später gezeigt wird - von der Ableitungshöhe ab, teilweise auch von dem Schweregrad der vorliegenden Stenose.

Jedoch alle Erscheinungen im Bild der Elektrokymogrammkurve bei valvulärer Pulmonalstenose sollen nach HECKMANN (27) und RUDHE (50) charakteristisch aber nicht beweisend sein. Diese Aussage sollte geprüft werden anhand von Untersuchungsergebnissen bei Patienten mit klinisch gesicherter valvulärer Pulmonalstenose mit dem Ziel einer Aussage über den qualitativen und quantitativen Wert des Elektrokymogramms.

M a t e r i a l u n d M e t h o d i k :

Aus dem Krankengut der I. Medizinischen Universitätsklinik und der Universitätskinderklinik in Frankfurt/Main wurden 49 Fälle von klinisch bereits gesicherter valvulärer Pulmonalstenose erfaßt. Von diesen Fällen lagen bereits bei 9 Patienten aus vorhergegangenen Untersuchungen elektrokymographische Aufzeichnungen der Röntgenabteilung der I. Medizinischen Universitätsklinik Frankfurt vor. Bei den restlichen 40 Patienten haben wir eine Nachuntersuchung durchgeführt. Dabei wurde neben der allgemeinen klinischen Untersuchung - s. tabellarische Erfassung des Krankheitsbildes auf Seite 14 - je ein Flächenkymogramm und ein Elektrokymogramm der Arteria pulmonalis an verschiedenen Schattenrandpunkten angefertigt.

Diejenigen Fälle mußten ausgeschlossen werden, bei denen die Registrierung Schwierigkeiten bereitete.

Im Rahmen dieser Arbeit werden somit 28 Fälle besprochen im Alter zwischen 6 und 40 Jahren (Durchschnittsalter 17,9 Jahre).

Von jedem Patienten liegt das gleiche Untersuchungsschema vor, welches in tabellarischer Kurzform wiedergegeben ist. Die Einteilung des Schweregrades der Stenose wurde von den beiden Fachkliniken nach dem klinischen Gesamtbild gestellt. Von 22 der 28 Patienten liegt eine Herzkatheteruntersuchung vor. Der Herzkatheterbefund erscheint in Spalte j) der Tabellen und gibt Aufschluß über die systolischen und diastolischen Druckwerte im rechten Ventrikel (VD) und in der Arteria pulmonalis (AP).

Die Einteilung des Stenosegrades erfolgte in der vorliegenden Arbeit in Anlehnung an RUDHE (50) und TSAKIRIS (62) nach der Höhe des Druckgradienten zwischen Arteria pulmonalis und dem rechten Ventrikel.

Stadium I: Geringe Pulmonalstenose bei einem Druckgradienten bis 25 mm Hg.

Stadium II: Mittelgradige Pulmonalstenose bei einem Druckgradienten von 25 - 50 mm Hg.

Stadium III: Schwere Pulmonalstenose bei einem Druckgradienten über 50 mm Hg.

Bei den untersuchten 28 Patienten schwankte dieser Druckgradient zwischen 0 und 106 mm Hg. Unter Benützung des obigen Einteilungsschemas wurden

- 14 Fälle von leichter Pulmonalstenose,
- 2 Fälle von mittelgradiger Pulmonalstenose,
- 8 Fälle von schwerer Pulmonalstenose,
- 2 Fälle von schwerer Pulmonalstenose, kombiniert mit einem Vorhofseptumdefekt, (VHSD),

- 1 Fall von leichter Pulmonalstenose mit Verdacht auf einen kleinen Vorhofseptumdefekt,
- 1 Fall von relativer Pulmonalstenose mit Vorhofseptumdefekt und Transposition der Lungenvenen

untersucht.

Die Erfassung des Gesamtbildes der typischen Zeichen einer valvulären Pulmonalstenose in Tabellenform geschah in Anlehnung an HADORN (23). Über die speziellen Untersuchungsmethoden und die dazugehörigen typischen Befunde bei valvulärer Pulmonalstenose wurden zur Zusammenstellung der Tabellen die Untersuchungsergebnisse folgender Autoren verwendet:

ARVAY (3), BENIVOGGIO (4), BÜHLMAYER (6), CAMPBELL (8), COLLINS (11), DE PASQUALE (13), EMMERICH (16), GILLMANN (19), GROSSE BROCKHOFF (21, 22), HADORN (23), HAGER (24), HECKMANN (27), IKKOS (29), KLOTZ (32), KNEBEL (33), KNIPPING (34), LANDMANN (35), LEDUC (36), LOOGEN (40), MANNHEIMER (42), MARCHAL (44), RUDHE (51), SCHAEDE (54, 55), SCHMIDT-VOIGT (56), SPITZBART (57), TESCHENDORF (59), TRETHWIE (60), TSAKIRIS (62), WATSON (63, 64), WOOD (66).

Angaben zur Untersuchungstechnik:

Für die vorliegenden Flächenkymogramme wurde der Flächenkymograph nach STUMPF (Fokus-Film-Abstand 1 m) bei einer Rasterablaufgeschwindigkeit von 2,4 sec. verwendet. Für die elektrokymographischen Untersuchungen der Elektrokymograph nach HECKMANN mit der Fotozelle RCA 1 P21.

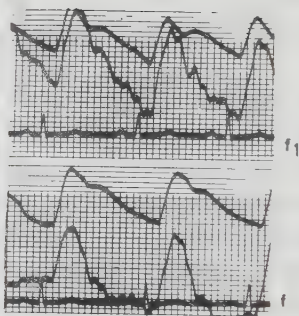
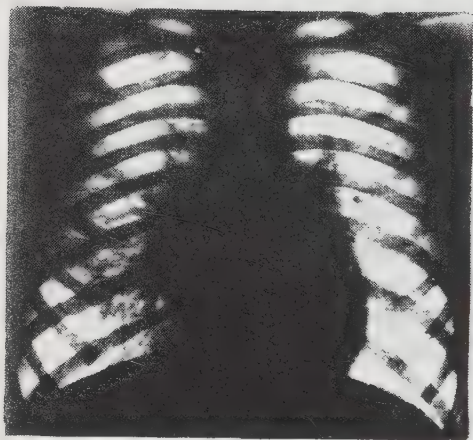
Die elektrokymographische Untersuchungen fanden bei stehendem Patienten in mittlerer Inspirationsstellung des Zwerchfells statt bei sagittalem Strahlengang oder Strahlengang im 1. schrägen Durchmesser.

Als Zeitvergleichskurven wurden das Ekg in Ableitung II und die Carotispulskurve mitregistriert, letztere mit dem Pulsabnehmer von BOUCKE-BRECHT. Die Ableitungen des Elektrokymogramms der Arteria pulmonalis wurden meist in 3 Höhen nämlich der Gefäßbasis, in der Gefäßmitte und in dessen peripherem Abschnitt registriert und mit den üblichen Bezeichnungen f , f_1 und f_2 versehen.

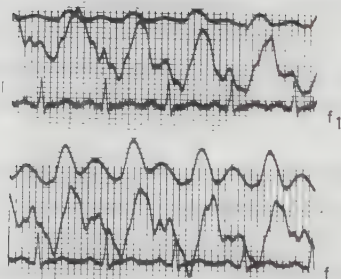
Die gewonnenen Elektrokymogrammkurven wurden in den einzelnen Kurvenabschnitten ausgemessen (Zeitangaben in Sekunden). Der zeitliche Verlauf ist in der Tabelle auf Seite 29 festgehalten. Diese Tabelle wurde ohne Rücksicht auf den vorliegenden Stenosegrad zusammengestellt. Von den jeweilig zugehörigen Ergebnissen wurde der arithmetische Mittelwert errechnet.

In der nachfolgenden Tabelle werden die gleichen Werte, jedoch getrennt nach dem Schweregrad der Pulmonalstenose, aufgeführt und von den jeweiligen Zahlenreihen arithmetische Mittelwerte errechnet. Diese gefundenen Mittelwerte werden in der Diskussion mit Normalwerten verglichen.

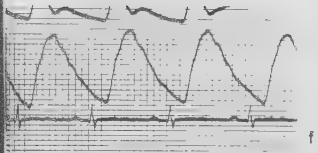
Im Folgenden nun Beispiele des vorliegenden Untersuchungsmaterials. Neben der Elektrokymogrammkurve erscheint zur Verdeutlichung der vorliegenden anatomischen Verhältnisse die Herzfigur im Röntgenbild oder als Flächenkymogramm, welches entweder zum Zeitpunkt der klinischen Nachuntersuchung oder vor diesem angefertigt wurde. Bei den einzelnen Bildgruppen wird nur die Diagnose und der klinische Schweregrad der vorliegenden Klappenstenose angegeben. Die Beschreibung des dazugehörenden klinischen Gesamtbildes erfolgt in den Tabellen von Seite 15 bis 28.



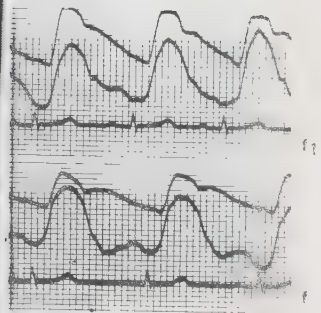
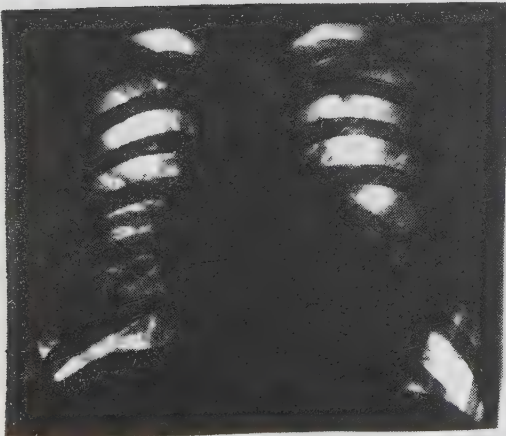
Fall 1 Pulmonalstenose Stad. I



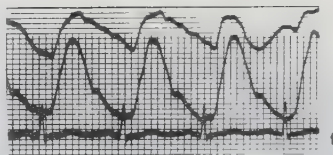
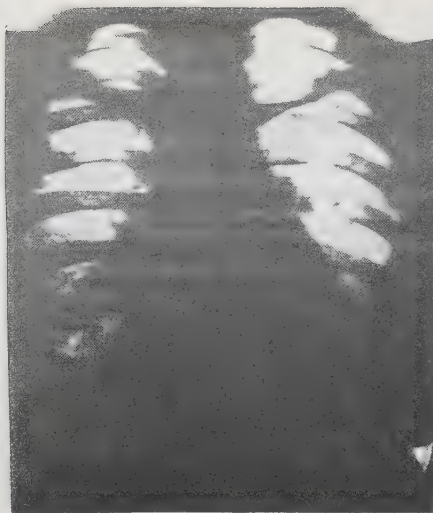
Fall 4 Pulmonalstenose Stad. I



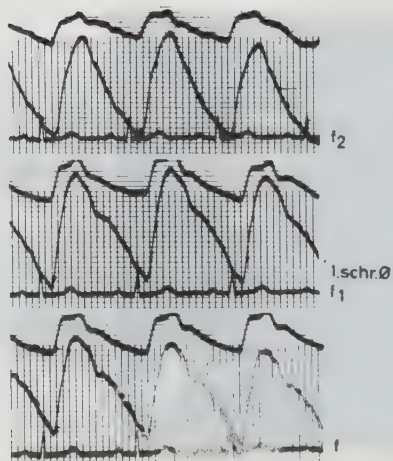
Fall 7 Pulmonalstenose Stad. I



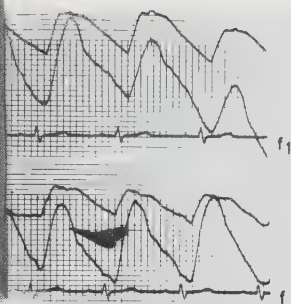
Fall 11 Verdacht auf Pulmonalstenose Stad. .



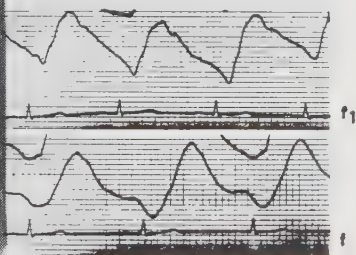
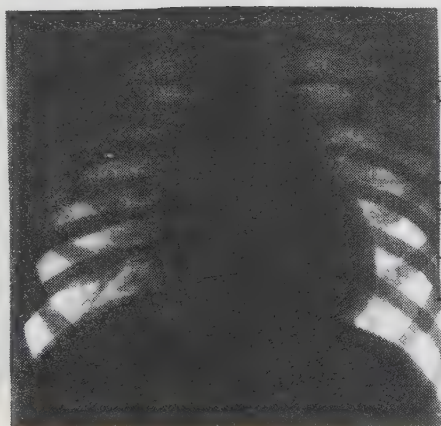
Fall 23 Pulmonalstenose Stad. I



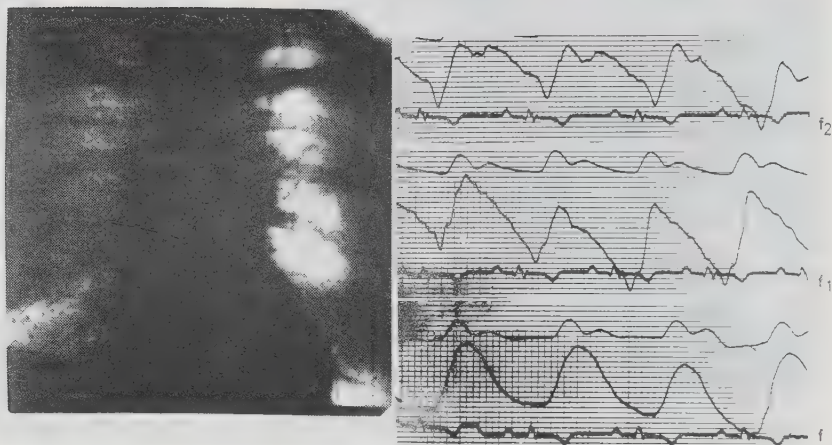
Fall 26 Pulmonalstenose Stad. I



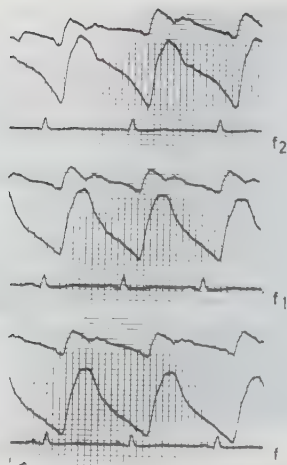
Fall 8 Pulmonalstenose Stad. III (Fehler im Originalfilm der Kurve f_1)



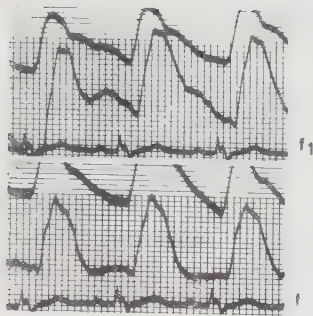
Fall 10 Pulmonalstenose stad. III



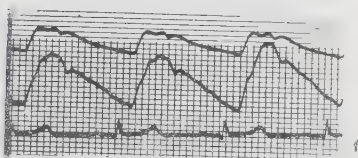
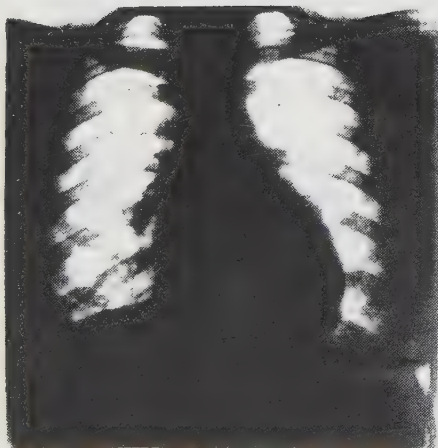
Fall 18 Pulmonalstenose Stag. III



Fall 19 Pulmonalstenose Stag. III



Fall 27 Pulmonalstenose
Stad. III mit
Ventrikelseptum-
defekt und Re.-
Li.-Shunt.



Fall 28 Pulmonalstenose Stad. III

E r f a s s u n g d e s K r a n k h e i t s b i l d e s

- a) Laufende Nummer des Patienten, Geschlecht und Alter zum Zeitpunkt der Untersuchung.
- b) Körperliche Erscheinungsform, geistige und körperliche Entwicklung.
- c) Ermüdbarkeit bei verschiedener Belastung:
Beim Laufen in der Ebene: +++
Treppensteigen: ++
Nur beim Sport: +
Normale Verhältnisse: --
- d) Zyanose und Lokalisation derselben.
- e) Dyspnoe bei verschiedener Belastung:
In Ruhe: +++
Nach Treppensteigen: ++
Nur beim Sport: +
Normale Verhältnisse: --
- f) Körperliche Anomalien, speziell solche, die auf ein Herzvitium hinweisen können, z.B. Voussure, Uhrglasnägel, Trommelschlegelfinger.
- g) Kurze Beschreibung des Herzgeräusches und Lokalisation des Punctum maximum (p.m.).
- h) Beschreibung des Herzgeräuschcharakters im Phonocardiogramm. Zeitabstand der Aorten- und Pulmonaliskomponente des 2. Herztons (HT) in Sekunden.
- i) Wesentliche Veränderungen im Elektrokardiogramm.
- j) Wesentliche Ergebnisse der Herzkatheteruntersuchung.
Druckangaben in mm Hg. Gradient = Druckunterschied zwischen rechtem Ventrikel und Arteria pulmonalis.
- k) Elektrokymogramm-Beurteilung (Zeitangaben Seite 29)
- l) Beschreibung der Herzfigur im Pulmonalbereich.
- m) Schema der Herzsilhouette.
- n) Diagnose.

Tabelle 1

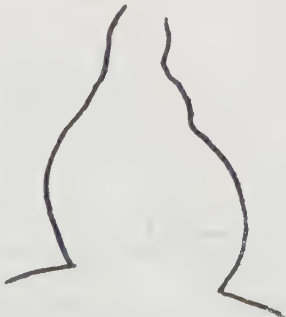
a	1 (weibl. 14 J.)	2 (weibl. 16 J.)
b	normal	normal
c	normal	normal
d	Lippen	--
e	+	--
f	--	--
g	schabendes syst. Geräusch p.m. 2.ICR, li, parast.	lautes schabendes Systol. p.m. 2.ICR, li, parast.
h	protomesosyst. Geräusch cresc.-dim. Form Spaltung des 2. HT 0,03"	holosyst. cresc.-delesc. Form Spaltung des 2. HT 0,06"
i	P-dextrocardiale Hypertrophieform re.	Inkompletter Rechtsschen- kelblock (Wilsontyp)
j	--	O ₂ -Sättigung normal VD 35-40/0; AP 22/3, Gradient: 13 mm Hg
k	verlangs. systolische Lateralbewegung. Incisur u. dikrote Welle angedeutet.	verlangs. syst. Lateralbe- wegung. Incis. angedeutet. Dikr. Welle fehlt.
l	etwas verstrichene Herz- taille	fraglich angedeutete Pro- minenz d. Pulmonalbogens
m		
n	Pulmonalstenose Stad. I	Pulmonalstenose Stad. I

Tabelle 2

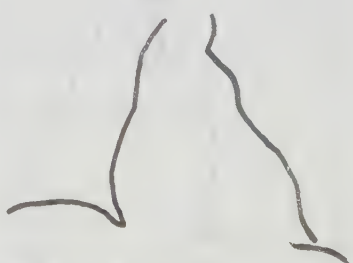
a	3 (männl. 24 J.)	4 (männl. 25 J.)
b	normal	normal
c	++	normal
d	Lippen	--
e	++	--
f	angedeutete Uhrglasnägel an den oberen und unteren Extremitäten	--
g	rauhes syst. Geräusch p.m. 2. ICR li. parast. Spaltung des 2. HT	Holosyst. Geräusch p.m. 2. ICR li. parast. Spaltung des 2. HT
h	--	--
i	inkompletter Rechts- schenkelblock	inkompletter Rechts- schenkelblock
j	Sauerst.-werte normal VD 49/4, AP 12,5/6 Gradient: 37 mm Hg	Sauerstoffwerte normal VD 25/2, AP 17,5/7 Gradient: 7,5 mm Hg
k	verlangs. syst. Lateral- bewegung. Incis. u. dikr. Welle fehlen.	Verlangs. syst. Lateral- bewegung. Incis. u. dikr. Welle deutlich.
l	Pulmonalbogen deutlich prominent	normale Herzkonfiguration
m	--	
n	Pulmonalstenose Stad. II	Pulmonalstenose Stad. I

Tabelle 3

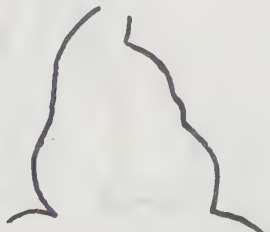
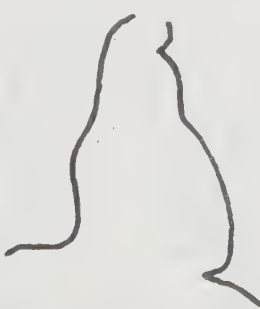
a	5 (männl. 14 J.)	6 (männl. 13 J.)
b	normal	normal
c	--	++
d	--	Lippen
e	--	++
f	--	Deutliche Uhrglasnägel an allen Fingern. Vena jugul. re. deutlich sichtbar.
g	rauschendes syst. Geräusch p.m. 2. ICR li. parast. Gedoppelter 2. HT	dumpfes, weiches Systol. p.m. 2. ICR li. parast.
h	Protomesosyst. bis holo-syst. Geräusch dim.-Form Praesyst. Geräusch	protomesosyst. Geräusch cresc.-decresc. Form
i	Hypertrophieform re. Re.-Typ	Inkompletter Re.schenkelblock. Verd. auf Re.Hypertrophieform.
j	--	VD 23-25 /0, AP 17/6 Gradient : 6 mm Hg Patholog.Sauerstoffwerte
k	verlangs. syst. Lateralbewegung. Incis. u. dikr. Welleanged. bis deutlich.	verlangs. syst. Lateralbewegung. Incis. und dikr. Welleangedeutet.
l	Lage und Form regelrecht Prominenz im Pulmonalbogenbereich	Pulmonalbogen gering bis deutlich prominent
m		
n	Pulmonalstenose Stad. I	VHSD, relat.Pulmonalst.St.I Transpos. d. Lungenvenen

Tabelle 4

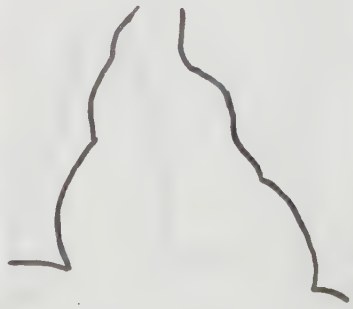
a	7 (männl. 15 J.)	8 (männl. 14 J.)
b	normal	normal
c	normal	+
d	--	--
e	--	+
f	--	--
g	deutliches systol. Geräusch p.m. 2. ICR li. parast. 1. HT betont	lautes Preßstrahlgeräusch p.m. 2. ICR li. parast.
h	holosyst. Geräusch-Spindel- form, gedoppelter 2. HT	holosyst. Geräusch. cresc.-decresc. Form Spaltung des 2. HT 0,07"
i	Li.-typ, geringe intra- ventrikuläre Erregungsaus- breitungsstörung	Hypertrophieform re.-in- kompl. Re.schenkel- block.Ventr.Rückbildg.stg.
j	VD 42 /6, AP 17/11 u. 20/11 Gradient: 22-25 mm Hg	Sauerstoffwerte normal VD 70/0, AP 15/ 8 Gradient: 55 mm Hg
k	verlangsamte syst. Lateral- bewegung. Incis. u. dikr. Welle fehlen.	verlangs.syst. Lateralbe- wegung. Incis. nur anged. Dikrote Welle fehlt
l	Pulm.bogenprominenz. Sonst normaler Befund	Pulmonalisbogen stellt sich dar
m		
n	Pulmonalstenose Stad. I	Pulmonalstenose Stad.III

Tabelle 5

a	9 (weibl. 9 J.)	10 (männl. 12 J.)
b	normal	normal
c	+	--
d	angedeutete periphere Cyanose	--
e	Atemfrequenz in Ruhe 32	--
f	angedeutete Uhrglasnägel an oberen und unteren Extremitäten	--
g	rauschendes Systolikum p.m. 2. ICR li. parast. 2. HT gedoppelt	holosyst. Preßstrahlger. p.m. 2. ICR li. parast.
h	protomeso- bis holosyst. Geräusch. Cresc.-dim. Form	cresc.-decresc. Geräusch Spaltung des 2. HT 0,07"
i	Indiff. Typ. Inkompl. Re.-schenkelblock (Wilson typ) Verd. auf Re.-hypertroph.	beginnender Re.-typ, Verd. auf Rechtsverspätung
j	Sauerstoffwerte normal VD 25-30 /0, AP 10/4-5 Gradient: 15 mm Hg	Sauerstoffwerte normal VD 69 /0, AP 20/10,5 Gradient: 50 mm Hg.
k	Verläng. syst. Lateralbewegung. Incis. und dikr. Welle angedeutet	verläng. syst. Lateralbeweg. Incis. und dikr. Welle angedeutet bis fehlend
l	geringe Prominenz im Pulmonalbogenbereich	mäßige Vorwölbung des Pulmonalbogens
m		
n	Pulmonalstenose Stad. I	Pulmonalstenose Stad. III

Tabelle 6

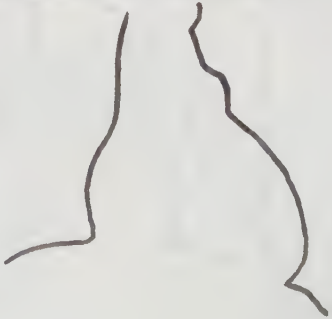
a	11 (weibl. 13 J.)	12 (männl. 10 J.)
b	normal	unter der Altersnorm
c	+	--
d	+	angedeutete Wangencyanose
e	--	--
f	--	angedeutete Trommelschlägelfinger und Uhrglasnägel an Zehen und Fingern.
g	systl. Geräusch p.m. 4. ICR li. parast.	syst. Preßstrahlgeräusch p.m. 3. ICR li. parast.
h	Holosyst. Geräusch von cresc.-decresc. Form. protomesodiastol. Geräusch	holosyst. Geräusch- cresc. Form. Angedeutetes proto- diastol. Geräusch
i	Überdrehter Re.-typ. Hypertrophieform re.	Indiff.typ, Hypertrophie- form re. auriculäre Er- regungsausbreitungsstörung
j	--	path. Sauerstoffwerte VD 68-70 /30, AP 15 /6 Gradient: 55 mm Hg
k	verlangs. syst. Lateralbe- wegung. Incis. und dikr. Welle fehlen.	verlangs. syst. Lateralbe- wegung. Incis. u. dikr. Welle vorhanden.
l	Prominenz im Pulmonal- bogenbereich	Linksverbreiterung (Groedel 1,9), verstr. Herztaille, Prominenz d.AP
m		
n	Verd. auf Pulmonalst.Stad.I	VHSD und Pulmonalst.St.III

Tabelle 7

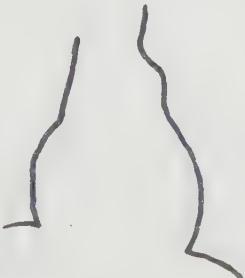
a	13 (weibl. 11 J.)	14 (männl. 7 J.)
b	unter d. Altersnorm	unter d. Altersnorm
c	--	++
d	Lippen und Zunge	Lippen und Zunge
e	--	++
f	angedeutete Uhrglasnägel	--
g	syst. Geräusch- vom 1. HT nicht sicher zu trennen p.m. 2. ICR. li. parast.	rauschendes syst. Geräusch p.m. 1. u. 2. ICR li. pst. 2. HT gedoppelt
h	Holosyst.Cresc. -decresc. Geräusch	Rotomeso-bis holosyst. Geräusch.-Cresc.-dim.- Form
i	Ventr. Erregungsausbrei- tungsstörung. Re.-Hyper- trophie	Inkompl. Re.-schenkel- block.-Verdacht auf Hyper- trophieform re.
j	Sauerstoffwerte normal VD 82-93/6, AP 14/5 Gradient: 68 mm Hg	Sauerstoffwerte normal VD 44/0, AP 18-23/9 Gradient: 24 mm Hg
k	verlangs. syst. Lateralbe- wegung. Incis. und dikr. Welle fehlen.	verlangs. syst. Lateralbe- wegung. Incis. und dikr. Welle fehlen.
l	deutliche Prominenz im Pulmonalbogenbereich	Angedeutete Prominenz im Pulmonalbogenbereich
m		
n	Pulmonalst. Stad.III, Verd. auf Kleinen VHSD.	Pulmonalstenose Stad. I

Tabelle 8

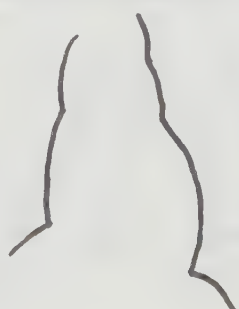
a	15 (weibl. 16 J.)	16 (weibl. 8 J.)
b	normal	unter der Altersnorm
c	++	--
d	--	Lippen, Zunge
e	--	--
f	--	angedeutete Uhrglasnägel der Finger
g	leises syst. Geräusch p.m. über Erbschen Punkt 2. HT betont	syst. Preßstrahlgeräusch p.m. 2. ICR li. parast. 2. HT gedoppelt
h	--	holosyst. Geräusch-Cresc.-dim. Form Spaltung des 2. HT 0,06"
i	keine path. Zeichen	Re.-Typ, ventr. Erregungsrückbildungsstörung. Hypertrophieform re.
j	Sauerstoffwerte normal VD 33/ 2, AP 24/ 12 Gradient: 9 mm Hg	--
k	verlangs. syst. Lateralbewegung. Incis. und dikr. Welle angedeutet.	verlangs. syst. Lateralbewegung. Incis. und dikr. Welle fehlen.
l	flach prominentes Pulmonalsegment.	unauffällig
m		
n	Pulmonalstenose Stad. I	Pulmonalstenose Stad. II

Tabelle 9

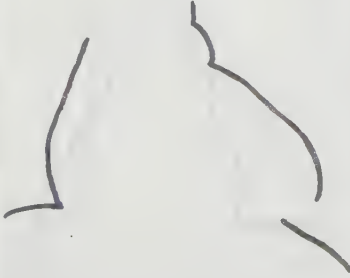
a	17 (männl. 6 J.)	18 (männl. 30 J.)
b	unter der Altersnorm	normal
c	++	++
d	--	--
e	--	+
f	--	Trommelschlegelfinger Voussure
g	lautes syst. Geräusch p.m. 3. u. 4. ICR li. parast. leises diastol. Geräusch	lautes Systolikum p.m. über Erb und Apex Geräuschmax. in Systol. ende
h	holosyst. Geräusch, Cresc.- decresc. Form	--
i	auric. u. ventr. Erregungs- ausbreitungsstörung, Hypertrophieform re.	Re.-Hypertrophie. Re.- schenkelblock (Wilson typ)
j	Sauerstoffwerte normal VD 11,8/ 0, AP 11/ 9 Gradient: 0	Sauerstoffwerte normal VD 120/ 0, AP 14/ 5 Gradient: 106 mm Hg
k	verlangs. syst. Lateralbe- wegung. Incis. und dikr. Welle fehlen.	verlangs. syst. Lateralbe- wegung. Incis. und dikr. Welle abged. bis fehlend.
l	Linksverbreiterung (Groedel 1, 65)	Prominenz d. Pulmonalbogens Im Fl. kymo. fast aneuris- maartige Erweiterung d. AP
m		
n	Pulmonalstenose Stad. I	Pulmonalstenose Stad. III

Tabelle 10

a	19 (weibl. 35 J.)	20 (weibl. 26 J.)
b	/---/	--
c	--	--
d	--	--
e	--	--
f	--	--
g	--	--
h	--	--
i	--	--
j	VD 80/ 0, AP 20/ 10 Gradient: 60 mm Hg	--
k	verlangs. syst. Lateralbewegung. Incis. und dikr. Welle angled. bis fehlend.	verlangs. syst. Lateralbewegung. Incis und dikr. Welle vorhanden.
l	--	geringe Prominenz im Pulmonalbogenbereich
m		
n	Pulmonalstenose Stad.III	Verd. auf Pulmonalstenose Stad. I

Tabelle 11

a	21 (weibl. 12 J.)	22 (weibl. 11 J.)
b	normal	normal
c	--	--
d	--	--
e	--	--
f	Syndaktilie zwischen den Zehen 2 und 3	--
g	syst. Geräusch p.m. 2. ICR li. parast. Doppelung des 2. HT	syst. Preßstrahlgeräusch p.m. 1. ICR li. parast. Doppelung des 2. HT
h	holosyst. Cresc.-decresc.-Geräusch, Spaltung des 2. HT 0,04"	holosyst. Geräusch von angedeuteter cresc.-decresc.-Form
i	Steiltyp ohne pathologische Veränderungen	Re.-typ, Hypertrophieform re.-Verd. auf Erregungsrückbildungsstörung
j	--	Sauerstoffwerte normal VD. 95 / -1, AP 10 / 7 Gradient: 85 mm Hg
k	verlangs. syst. Lateralbewegung. Incis. und dikr. Welle angedeutet.	verlangs. syst. Lateralbewegung. Incis. und dikr. Welle angedeutet.
l	Pulmonalbogen abgrenzbar, mäßig prominent	deutliche Prominenz im Pulmonalbogenbereich
m		
n	Pulmonalste...	Pulmonalste...

Tabelle 12

a	23 (weibl. 20 J.)	24 (männl. 18 J.)
b	normal	normal
c	--	+
d	angedeutet an Wangen und Lippen	--
e	+	--
f	--	Situs inversus Mitralklappen
g	lautes syst. Geräusch p.m. über Erb und Apex leises diast. Geräuschen	syst. Geräusch über dem re. Praecordium.
h	--	decrecendo-Form des Geräusches
i	Indiff.-typ. Angedeuteter inkompl. Re.-schenkelblock	Geringgrad. Erregungs- rückbildungsstörung
j	VD 45 / 0-7, AP 25 / 8 Gradient: 17 mm Hg	VD 30 / 10, AP 22 / 10 Gradient: 8 mm Hg
k	verlangs. syst. Lateralbe- wegung. Incis und dikt. Welle angedeutet.	verlangs. syst. Lateralbe- wegung. Incis und dikt. Welle angedeutet.
l	normale Herzform	kräftige Pulsationen im Pulmonalisbereich
m		
n	Pulmonalstenose Stad. I	Pulmonalstenose Stad. I bei situs inversus totalis

Tabelle 13

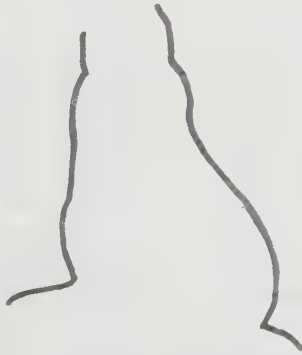
a	25 (männl. 40 J.)	26 (weibl. 33 J.)
b	normal	normal
c	++	++
d	--	--
e	--	++
f	deutliche Voussure, - angedeutete Uhrglasnägel u. Trommelschlegelfinger	--
g	syst. Geräusch p.m. über Erb	syst. Geräusch. - p.m. über Erb und Pulmonalis
h	--	--
i	Re.-typ, deutliche Zeichen einer Re.überlastung	Linkstyp. kein sicherer path. Befund
j	VD 80 / 0-8, AP 18 / 7 Gradient: 62 mm Hg	VD 30 / 0, AP 17 / 5 Gradient: 13 mm Hg
k	verlangs. syst. Lateralbewegung. Incis. und dikr. Welleanged. bis fehlend.	verlangs. syst. Lateralbewegung. Incis. u. dikr. Welleanged. bis fehlend.
l	erhebliche Verbreiterung des li. Pulmonalstammes. Pulmonalis deutl. prominent	normaler Befund
m		
n	Pulmonalstenose Stad. III	Pulmonalstenose Stad. I

Tabelle 14

a	27 (männl. 14 J.)	28 (weibl. 27 J.)
b	normal	normal
c	++	++
d	Mischcyanose bes. an Lippen, Zunge, Ohren.	--
e	+++	++
f	Trommelschlegelfinger u. Uhrglasnägel, Vena jug. im Sitzen re. deutlich	--
g	systl. Preßstrahlgeräusch p.m. 3. u. 4. ICR li. parast.	syst. cresc.-decresc. Geräusch p.m. 2. ICR li. parast.
h	protomesosyst. Geräusch-cresc.-dim. Form	--
i	Re.-typ. AV-Block 1. Grad. Re.-hypertrophie, gestörte Erregungsrückbildung	Partieller AV-Block 1. Grades, geringe intravent. Erregungsausbreitungsst.
j	path. Sauerstoffwerte VD 80/0, AP 6-7 / 2-3 Gradient: 74 mm Hg	VD 78/0, AP 26 / 9 Gradient: 52 mm Hg
k	verlangs. syst. Lateralbewegung. Incis. und dikr. Welle fehlen.	verlangs. syst. Lateralbewegung. Incis. und dikr. Welle vorhanden.
l	ausgeprägte Herztaille, Prominenz des Pulmonalbog.	Li.-verbreiterung, Herztaille konvexbögig nach bd. Seiten abgerundet.
m		
n	Pulmonalstenose Stad. III mit VSD u. Re.-Hypertrophie	Pulmonalstenose Stad. III

Auswertungsergebnisse der Elektrokardiogrammkurven

Kurvenabschnitte siehe Zeichnung Seite
Zeitangaben in Sekunden

nr.	Q im Ekg bis Eky-Kurven- fußpunkt	Abschn. 2 - 3	Abschn. 3 - 4	Abschn. 2 - 4	Carotis- bis Pul- monalis- fußpunkt
1	0,10	0,06	0,07	0,13	0,02
2	0,145	0,05	0,08	0,13	0,03
3	0,15	0,065	0,125	0,19	0,03
4	0,13	0,05	0,10	0,15	0,00
5	0,13	0,06	0,09	0,15	0,00
6	0,16	0,08	0,06	0,14	0,01
7	0,125	0,07	0,10	0,17	0,00
8	0,10	0,10	0,08	0,18	0,00
9	0,105	0,11	0,07	0,18	0,00
10	0,125	0,12	0,18	0,30	0,00
11	0,10	0,11	0,08	0,19	0,00
12	0,10	0,06	0,14	0,20	0,00
13	0,12	0,06	0,11	0,17	0,00
14	0,12	0,11	0,12	0,23	-,--
15	0,11	0,08	0,08	0,16	-,--
16	0,08	0,07	0,13	0,20	-,--
17	0,09	0,09	0,15	0,24	-,--
18	0,15	0,06	0,18	0,24	0,00
19	0,16	0,07	0,11	0,18	0,00
20	0,10	0,06	0,12	0,18	0,00
21	0,17	0,05	0,11	0,16	0,00
22	0,13	0,08	0,14	0,22	0,00
23	0,08	0,07	0,12	0,19	0,00
24	0,125	0,075	0,08	0,16	0,02
25	0,16	0,06	0,11	0,17	0,00
26	0,12	0,08	0,12	0,20	0,03
27	0,14	0,055	0,075	0,13	0,06
28	0,14	0,07	0,15	0,22	0,01
Mittel- werte	0,124	0,074	0,109	0,184	0,007

Ausmessungsergebnisse der Elektrokymogrammkurven

Zeitangaben in Sekunden

Pulmonalstenosen des Stadiums I

Nr.	Q im Ekg bis Eky-Kurven- fußpunkt	Abschn. 2 - 3	Abschn. 3 - 4	Abschn. 2 - 4	Abstand: Carotis- Pulmonalis- fußpunkt
1	0,10	0,06	0,07	0,13	0,02
2	0,145	0,05	0,08	0,13	0,03
4	0,13	0,05	0,10	0,15	0,00
5	0,13	0,06	0,09	0,15	0,00
6	0,16	0,08	0,06	0,14	0,01
7	0,125	0,07	0,10	0,17	0,00
9	0,105	0,11	0,07	0,18	-,--
11	0,10	0,11	0,08	0,19	0,00
14	0,12	0,11	0,12	0,23	-,--
15	0,11	0,08	0,08	0,16	-,--
17	0,09	0,09	0,15	0,24	-,--
20	0,10	0,06	0,12	0,18	0,00
21	0,17	0,05	0,11	0,16	0,00
23	0,08	0,07	0,12	0,19	0,00
24	0,125	0,075	0,08	0,16	0,02
26	0,12	0,08	0,12	0,20	0,03
Mittel- werte	0,1138	0,075	0,096	0,172	0,001

Pulmonalstenosen des Stadiums II und III

Nr.	Q im Ekg bis Eky-Kurven- fußpunkt	Abschn. 2 - 3	Abschn. 3 - 4	Abschn. 2 - 4	Abstand: Carotis- Pulmonalis- fußpunkt
3	0,15	0,065	0,125	0,19	0,03
8	0,10	0,10	0,08	0,18	0,00
10	0,125	0,12	0,18	0,30	0,00
12	0,10	0,06	0,14	0,20	0,00
13	0,12	0,06	0,11	0,17	0,00
16	0,08	0,07	0,13	0,20	-,--
18	0,15	0,06	0,18	0,24	0,00
19	0,16	0,07	0,11	0,18	0,00
22	0,13	0,08	0,14	0,22	0,00
25	0,16	0,06	0,11	0,17	0,00
27	0,14	0,055	0,075	0,13	0,06
28	0,14	0,07	0,15	0,22	0,01
Mittel- werte	0,1295	0,072	0,127	0,20	0,008

D i s k u s s i o n

Die Arbeit hatte den Zweck, an dem eigenen Patientengut der I. Medizinischen Klinik und der Kinderklinik der Universität Frankfurt/Main die Frage zu klären, welchen Beitrag das Elektrokymogramm zur Feststellung des Schweregrades einer valvulären Pulmonalstenose neben der Diagnosestellung leisten kann.

Bezüglich der Hilfestellung bei der Diagnose fanden wir praktisch in jedem der von uns nachuntersuchten 28 Patienten mit klinisch bereits gesicherter valvulärer Pulmonalstenose im Elektrokymogramm typische Hinweise auf die Art der Erkrankung, wie es von ANDERSSON (2), DACK (12), DONZELOT (14), HAUBRICH (25), HECKMANN (27) und RUDHE (50) beschrieben worden ist, und zwar:

1. Verlangsamte systolische Lateralbewegung entstanden durch die stenosebedingte verlängerte Austreibungszeit.
2. Auftreten eines anakroten Knickes, einer mehr oder minder stark ausgeprägten Stufe im aufsteigenden Schenkel der Kurve, deren Entstehung RUDHE (50) mit der Ventilebenenverschiebung, also der Bewegung des Klappenringes in Richtung Herzspitze, in der Kammersystole erklärt.

WIGGERS (64 A) ist der Auffassung, es komme nach Überwindung der Stenose zu einer kurzen Druckverminderung im rechten Ventrikel und zu einem Zurückpendeln der Blutsäule im Pulmonalgefäßstamm.

HECKMANN (27) glaubt, der anakrote Knick könne mit der Vorwölbung der stenosierten Pulmonalklappen - wie das bei angiographischen Untersuchungen sichtbar sei - unmittelbar vor deren Öffnung in Zusammen-

hang gebracht werden. Die Annahme, der beschriebene Knick könne durch Registrierung der Pulsation des sich vorwölbenden linken Herzhohls verursacht werden, hält er für unwahrscheinlich.

RUDHE (50) konnte zeigen, daß das Auftreten des anakroten Knicks vom Ableitungsniveau, also von der Auswahl des zentralen, mittleren oder peripheren Schattenrandpunktes am Pulmonalgefäßstamm abhängig ist. Das Auftreten eines solchen Knickes wird nicht selten auch bei Herzgesunden bei Ableitung in unmittelbarer Klappennähe gefunden. Bei mittelschwerer und schwerer Pulmonalstenose erscheint dieser Knick mit großer Regelmäßigkeit auch bei Kurvenableitung in höheren Gefäßabschnitten. RUDHE (50) weist noch darauf hin, daß bei Untersuchungen am liegenden, sitzenden und stehenden Patienten und bei Wechsel des Strahlenganges unterschiedliche Kurvenbilder gefunden werden. Immerhin läßt der anakrote Knick einen bedingten Schluß über das Ausmaß der vorliegenden Klappenstenose zu. Man vermißt jedoch eine hinreichende Signifikanz.

3. Der Kurvengipfel liegt in der späten Systole - entsprechend der Verlängerung der raschen Austreibungsphase - eine Erscheinung, die parallel geht mit dem Verlauf von Druckkurven, gewonnen bei gleichzeitig durchgeführter Herzkatheteruntersuchung. (ANDERSSON (2), BOONE (5), SALANS (53)).
4. Fehlende oder nur angedeutete dikrote Welle und
5. fehlende oder nur angedeutete Inzisur. Die Veränderungen der dikroten Welle und der Inzisur führt man zurück auf den verminderten Rückprall der in der Arteria pulmonalis befindlichen Blutsäule durch nur langsam abnehmenden Druck im rechten Ventrikel in der Diastole. Die Erhöhung des Kammerdruckes setzt also die Energie des Klappenschlusses herab. Auch das morphologische Bild der stenosierten Klappe soll das Kurvenbild in beschriebener Weise verändern. (HECKMANN (27)).

Aussagen über den Schweregrad einer Pulmonalstenose mittels des Elektrokymogramms, d. h. eine quantitative Einstufung der veränderten Bewegungsabläufe sind von ANNERSSON (2), HECKMANN (27) und RUDHE (50) mit Zurückhaltung beurteilt worden. Eine quantitative Beurteilung bringt insofern Schwierigkeiten, da das Elektrokymogramm Randbewegungen registriert, die sich aus Volumen- und Druckkurven und aus Lokomotions- und fortgeleiteten Bewegungen zusammensetzt.

Zwar ist der Einfluß gefäßfremder Bewegungen bei der Arteria pulmonalis nicht so stark wie bei der Aorta, jedoch ist hier der Gefäßdruck geringer und damit auch insgesamt das Ausmaß der Pulsationsbewegung.

Die qualitativen und bedingt auch die quantitativen Unterschiede der Kurvenform bei Herzgesunden und bei Patienten mit valvulärer Pulmonalstenose sind zwar vorhanden, doch lassen sie eine genügende Konstanz und Signifikanz vermissen (HECKMANN (27)).

Der zeitliche Ablauf der Elektrokymogrammkurve bei valvulärer Pulmonalstenose unterscheidet sich jedoch regelmäßig in den verschiedenen Kurvenabschnitten von dem des Herzgesunden und wurde deshalb im Rahmen dieser Arbeit besonders berücksichtigt.

Nach RUDHE (50) liegen bei Herzgesunden den zeitlichen Kurvenablauf betreffend folgende Werte vor:

Zeitabstand von Q im Ekg in Ableitung II bis zum Beginn der Lateralbewegung je nach Ableitungshöhe am Pulmonalgefäßstamm gemessen

zentral	0,07 - 0,11 sec., Mittelwert 0,09 sec.
Gefäßmitte	0,88 - 0,15 sec., Mittelwert 0,10 sec.
peripher	0,08 - 0,16 sec., Mittelwert 0,11 sec.

Insgesamt entspricht dies einem Mittelwert von 0,10 sec. ohne Berücksichtigung der Ableitungshöhe.

Vom Kurvenanstiegsbeginn bis zum Auftreten des anakroten Knicks (Kurvenabschnitt 2 - 3) vergingen je nach Höhe des Ableitungsniveaus an der Arteria pulmonalis

zentral 0,04 sec.

Mitte 0,05 sec.

peripher 0,06 sec.

entsprechend einem Mittelwert von 0,05 sec.

Vom anakroten Knick bis zum Kurvengipfel (Kurvenabschnitt 3 - 4) vergingen im Mittel 0,04 sec.

Vom Kurvenanstiegsbeginn bis zum Kurvengipfel (Kurvenabschnitt 2 - 4) vergingen insgesamt 0,08 - 0,10 sec.

LISSNER (39) und SALANS (53) fanden Mittelwerte von 0,08 sec.

Die Ergebnisse bei Normalpersonen verglichen wir mit dem zeitlichen Kurvenablauf bei Vorliegen einer valvulären Pulmonalstenose. Wir fanden dabei in Übereinstimmung mit HECKMANN (27) eine deutliche Verlangsamung der systolischen Lateralbewegung im Elektrokymogramm.

In der unten stehenden Tabelle wurden die gefundenen Mittelwerte des zeitlichen Kurvenablaufs bei Normalpersonen den Ergebnissen von 16 Fällen mit valvulärer Pulmonalstenose des Stadiums I und 12 Fällen mit valvulärer Pulmonalstenose des Stadiums II und III gegenübergestellt.

Zeitvergleiche der gefundenen Mittelwerte.

	Q im Ekg bis Eky- Kurvenfuß- punkt	Abschnitt 2 - 3	Abschnitt 3 - 4	Abschnitt 2 - 4
Normalwerte	0,10	0,05	0,04	0,08-0,10
Mittelwerte des Stad. I, II u. III	0,124	0,074	0,109	0,164
Mittelwerte des Stad. I	0,113	0,075	0,096	0,172
Mittelwerte des Stad. II und III	0,13	0,072	0,127	0,20

Bei diesem Vergleich zeigte sich, daß der Kurvenanstieg im Elektrokymogramm mit einer Verzögerung - gemessen an der Q-Zacke im Ekg - beginnt. Das Ausmaß der Verzögerung zwischen Normalwert und einer Pulmonalstenose Stadium I beträgt 0,013 sec., bei Stadium II und III 0,03 sec.

Im Steilanstieg des Elektrokymogramms (Kurvenabschnitt 2 - 3) wurde eine Zeitdifferenz von 0,02 sec. ohne Abstufung nach dem jeweiligen Stenosegrad gefunden.

Hingegen ist die Zeitdauer vom anakroten Knick bis zum Erreichen des Kurvengipfels deutlich verlängert, und zwar bei Pulmonalstenose Stadium I um 0,056 sec. und bei Stadium II und III um 0,63 sec. gegenüber Normalbefunden.

Der gesamte Bewegungsablauf im aufsteigenden Schenkel des Elektrokymogramms, welcher das haemodynamische Geschehen in der Kammersystole repräsentiert, ist je nach Schweregrad der Pulmonalstenose um 0,072 bzw. bis zu 0,12 sec. deutlich verlängert.

Prinzipiell wird damit gezeigt, daß der Zeitvergleich des pathologischen Kurvenablaufes mit Normalbefunden mittels des Elektrokymogramms möglich ist und daß mit dieser Methode eine Aussage über den Schweregrad der vorliegenden Pulmonalstenose gemacht werden kann.

Z u s a m m e n f a s s u n g

Durch Zeitvergleiche des systolischen Kurvenanstiegs im Elektrokymogramm bei 28 Patienten mit klinisch gesicherter valvulärer Pulmonalstenose mit Normalwerten wird prinzipiell ein Weg aufgezeigt, um eine Aussage über das Stadium des Schweregrades der vorliegenden Klappenstenose zu machen.

Literaturverzeichnis

- 1) Altmann, R.: Über den Nachweis der systolischen Ventil-ebenenverschiebung am menschlichen Herzen. Fortschr. Röntgenstr. 82, (1955) 776.
- 2) Andersson, T.: Electrokymographic studies in pulmonary stenosis and Tetralogy of Fallot. Acta Radiol. 36 (1951) 345.
- 3) Arvay, A.: Über die Rolle des Venturi-Effekts bei der Herzkateterdiagnostik der Pulmonalstenose. Z. Kreislauforschung 51, (1962) 489-94.
- 4) Bentivoglio, L.G.: The Electrocardiogram in pulmonary stenosis with intact septa. Amer. Heart J. 59 (1960) 347-57.
- 5) Boone, B.R., B. F. Ellinger: Electrokymographie of the heart and the great vessels : principles and application. Ann. Int. Med. 31 (1949) 1030.
- 6) Bühmeyer, K., P. Palmié: Röntgenkineangiokardiographie in der Diagnostik angeborener Herzfehler bei Kindern. Fortschr. Med. 81 (1963) 229.
- 7) Campbell, M.: Relationship of pressure and valve area in pulmonary stenosis. Brit. Heart J. 22 (1960) 101-9.
- 8) Campbell, M.: Valvotomy as a curative operation for simple pulmonary stenosis. Brit. Heart J. 21 (1959) 415-28.
- 9) Campbell, M.: Factors in the aetiology of pulmonary stenosis. Brit. Heart J. 24 (1962) 625.
- 10) Chamberlain, W.E.: Roentgen Electrokymography. Acta Radiol. 28 (1947) 847.
- 11) Collins, N.P.: Isolated pulmonic valvular regurgitation. Diagnosis by cardiac catheterisation and angiocardiographie. Am. J. Med. 28 (1960) 159-64.
- 12) Dack, S., D. H. Paley: Electrokymographie II. The great Vessels and Auricular Electrokymograms. Am. J. Med. 12 (1952) 447.
- 13) De Pasquale, N., G. E. Burch: The Electrocardiogram and the ventricular gradient in isolated congenital pulmonary stenosis. Circulation 21 (1960) 181-7.
- 14) Donzelot, E.: Etude électrokymographique de la cinétique artérielle pulmonaire dans les cardiopathies congénitales. Arch. Mal. Coeur 48 (1955) 1009-23.
- 15) Donzelot, E.: Radiological kinetics and pulmonal arterial pressure in congenital heart diseases. Brit. Heart J. 18 (1956) 35-43.

- 16) Emmrich, J., H. Stein, H. Reindell: Das Phonokardiogramm bei der valvulären und infundibulären Pulmonalstenose. DMW 84 (1959) 480-8.
- 17) Gadermann, E., H. Groth: Elektrokymographische Untersuchungen über die Bewegungsabläufe in den verschiedenen Herzabschnitten. Arch. Kreislaufforsch. 22 (1955) 347-87.
- 18) Gamboa, R., P. G. Hugenholtz, A. S. Nadas: Accuracy of the phonocardiogram in assessing severity of aortic and pulmonic stenosis. Circulation 30 (1964) 35.
- 19) Gillmann, H.: Einführung in die Phonokardiographie. Verlag Fritz Hellige u. Co. (1962) Freiburg.
- 20) Gött, T., J. Rosenthal: Über ein Verfahren zur Darstellung der Herzbewegung mittels Röntgenstrahlen (Röntgenkymographie). M. Med. Wschr. 59 (1912) 2033.
- 21) Grosse Brockhoff, F., H. H. Wolter: Der enddiastolische Füllungsdruck bei chronischen Druck- und Volumenbelastungen des rechten Ventrikels. Zeitschrift Kreislaufforschg. 47 (1958) 481-86.
- 22) Grosse Brockhoff, F., F. Loogen: Klinik und Hämodynamik der Pulmonalstenose ohne Ventrikelseptumdefekt. DMW 84 (1959) 133.
- 23) Hadorn, W., Luthy, E., P. Stucki: Über verschiedene Erscheinungsformen der Pulmonalstenose. Cardiologica Basel 31 (1957) 5-35.
- 24) Hager, W.: Die Bedeutung klinischer Untersuchungsmethoden in der Diagnostik der häufigsten angeborenen Herzfehler 2. Teil. Tögl. Prax. 5 (1964) 505-517.
- 25) Haubrich, R.: Der heutige Stand der Elektrokymographie. Erg. Inn. Med. Kinderheilk. 6 (1955) 639.
- 26) Heckmann, K.: Kritisches zur Elektrokymographie. Fortschr. Röntgenstr. 77 (1952) 444.
- 27) Heckmann, K.: Elektrokymographie. Springer-Verlag (1959).
- 28) Heckmann, K.: Zur Geschichte der Elektrokymographie. Fortschr. Röntgenstr. 75 (1951) 473.
- 29) Ikkos, D.: Isolated pulmonary stenosis before and after surgery. Acta Paediat. (Uppsala) 48 (1959) 143-4.
- 30) Karpati, A., H. Eberle: Das elektrokymographische Kurvenbild der Arteria Pulmonalis und ihrer Zweige. Med. Mschr. Stuttg. 7 (1953) 432.
- 31) Kenner, T.: Über die elektrokymographische Pulskurve der Arteria Pulmonalis. Arch. Kreislaufforschg. 29 (1959) 268-290.
- 32) Klotz, E.: Das Ruhe- und Belastungskymogramm bei gesunden und kranken Herzen. Med. Mschr. 12 (1958) 439-45.

- 33) Knebel, R.: Hämodynamik der Pulmonalstenose. Thoraxchirurgie 7 (1959-60) 201-12.
- 34) Knipping, H.W.: Untersuchung und Beurteilung des Herzkranken.- Praktische Routineuntersuchung präoperativer Herzdiagnostik. Springer-Verlag (1960).
- 35) Landtman, B. E. Weis, I. Kantero: The PCG and ECG as indicators of severity of congenital pulmonary stenosis. (prae and post operativ studies) Ann. Paediat. Fenn. 7 (1961) 169-88.
- 36) Leduc, G.: The idiopathic dilatation of the pulmonary artery. Un.Med.Canada 92 (1963) 1130-4.
- 37) Lissner, J.: Quantitative Elektrokymographie. Fortschr. Röntgenstr. 86 (1957) 211.
- 38) Lissner, J. und R. Corders: Die Variationsbreite der "normalen" Vorhofskurve im Elektrokymogramm. Fortschr. Röntgenstr. 91 (1959) 494.
- 39) Lissner, J.: Flächen- und Elektrokymographie in der röntgenol. Diagnostik der Mediastinal- und Lungenerkrankungen. Georg Thieme Verlag Stuttgart (1962).
- 40) Loogen, F.: Diagnose der angeborenen Pulmonalstenose. Thoraxchirurgie 7 (1959) 212-28.
- 41) Luisada, A.A., F. G. Fleischner: Simultaneous fluorocardiographie and recording of the intracardiac pressure. Proc. Soc. Exper. Biol. Med. N.Y. 70 (1949) 730.
- 42) Mannheimer, E.: Congenital isolated pulmonary stenosis, - clinical study of seven cases diagnosed by heart catheterisation. Acta Paediatr. 38 (1949) 484.
- 43) Mannheimer, E.: Herzgeräusch bei isolierter valvulärer Pulmonalstenose. Acta Paediatr. (Kbh.) 100 (1954) 167.
- 44) Marchal, M.: Méthode de mesure de la pression artérielle de l'artère pulmonaire chez l'homme par les rayons X. (Cinédensigraphie). Compt. rend. Acad. sc. Paris 225 (1947) 394.
- 45) Moll, A.: Beitrag der Elektrokymographie zur Erkennung und Beurteilung der Herzkrankheiten. Med.Klinik (Berlin) 50 (1955) 1365 - 7.
- 46) Marions, O., P. Odman: Electrokymographic studies in aortic stenosis. Acta Radiol. Stockholm 52 (1959) 379-92.
- 47) Morgan, R.H.: Quantitative Electrokymographie. Circulation 4 (1951) 604.
- 48) Ronninger, R.: Strömungs - und Druckvorgänge in der Arteria Pulmonalis, Arch. Kreislaufforschung 21 (1954) 127-160.
- 49) Ring, G.C.: Electrokymographic recordings of densograms of the heart. Proc. I. Conf. Eky (1950) 5.

- 50) Rudhe, U.: Electrokymographie- with special reference to valvular pulmonary and infundibular stenosis. Acta Radiol. 130-136 (1956).
- 51) Rudhe, U., E. Whitley, H. Herzenberg: Mild pulmonary valv. stenosis studied functionally anatomically. Acta Radiol. (Stockholm) 57 (1962) 161-71.
- 52) Sabat, B.: Über ein Verfahren der röntgenographischen Darstellung der Bewegung innerer Organe. Fortschr. Röntgenstr. 20 (1913) 42.
- 53) Salans, A.H., I. A. Schack, L. N. Katz: Correlations of the simultaneously recorded electrokymograms and pressure pulses of human heart and great vessels. A preliminary report. Circulation 2 (1950) 900.
- 54) Schaede, A., P. Thurn: Zur röntgenologischen Diagnose der angeborenen Herzfehler mit vorspringendem Pulmonalisbogen. Fortschr. Röntgenstr. 76 (1952) 306.
- 55) Schaede, A., P. Thurn: Röntgenologische Diagnose der angeborenen Herzfehler mit vorspringendem Pulmonalisbogen. (zyanotische Formen) Fortschr. Röntgenstr. 78 (1953) 253.
- 56) Schmidt-Voigt, J.: Klangcharakter des Geräusches bei isolierter valvulärer Pulmonalstenose. Medizinische (1956) 1704.
- 57) Spitzbart, H.: Herzgeräusches bei verschiedenen Herzkrankheiten. DMW 82 (1957) 947.
- 58) Stumpf, P.: Die Gestaltänderung des Schlagenden Herzens im Röntgenbild. Fortschr. Röntgenstr. 38 (1928) 1055.
- 59) Teschendorf, W.: Lehrbuch der röntgenologischen Differentialdiagnostik. Georg Thieme Verlag, Stuttg. (1952).
- 60) Trethwie, E.: A B C . Cardiographie correlations with the right ventricular pressure in pulmonary stenosis. Cardiologica 40 (1962) 316-20.
- 61) Thurn, P., A. Schaede: Zur röntgenologischen Diagnostik der angeborenen Herzfehler mit vorspringendem Pulmonalisbogen. (Pseudoform). Fortschr. Röntgenstr. 79 (1953) 476.
- 62) Tsakiris, A.: Clinical picture and pathophysiology of isolated congenital pulmonary stenosis. Schweiz. Med. Wschr. 89 (1959) 801-10.
- 63) Watson, H., G. Pickard, K. Lowe, I. Hill: Cineangiocardigraphic studies of the outflowtract in isolated pulmonary stenosis. Brit. Heart J. 22 (1960) 706-12.
- 64) Watson, H., K. Lowe: Ventricular pressure flow relationships in isolated valvular pulmonary stenosis. Brit. Heart J. 24 (1962) 431-40.
- 65) Wolter, H.H.: Korrelationen zwischen Häemodynamik und Herzschall. Vergleichende Untersuchungen zwischen intrakardialer Druckregistrierung und Phonokardiographie. Bibliotheca Cardiologica, Fasc. 14 (1963) IV.

- 66) Wood, P.: Diseases of the heart and circulation.
Lippincott, London (1956).
- 64A) Wiggers, C.J.: Physiology in health and disease.
Philadelphia, Lea u. Febiger 1949 V. edition.

L e b e n s l a u f

Als Sohn des praktischen Arztes Dr. med. A. Schlick und seiner Ehefrau Annemarie Schlick, geb. Isbarn, wurde ich, Helmut Hans Schlick, am 28. 8. 1936 in Viernheim in Hessen geboren.

Nach meiner Grundschulausbildung in der Volksschule von Eschborn am Taunus besuchte ich das Gymnasium in Kronberg und legte dort 1958 die Reifeprüfung ab.

Ich begann mein Medizinstudium im SS 1958 in Frankfurt und erhielt hier meine gesamte vorklinische Ausbildung. Famulaturen führten mich an die Kreiskrankenhäuser in Urach/Württ. und Eppstein im Taunus. Nach zwei Auslandsestern in Innsbruck kam ich nach Frankfurt zurück und legte am 29. 6. 1964 mein medizinisches Staatsexamen ab.

Nach meiner Heirat am 8.7.1964 war ich in den Disziplinen Chirurgie und Gynäkologie im Dr. O. Geßlerkrankenhaus in Lindenberg im Allgäu und zur Ausbildung auf dem Gebiet der inneren Medizin bei Prof. Dr. J. Schröder im Bürgerhospital Stuttgart als Medizinalassistent tätig.

Meine akademischen Lehrer waren:

Prof.Dr.D.Starck	Prof.Dr.F.Hermann
Prof.Dr.R.Ortmann	Prof.Dr.J.Gerchow
Prof.Dr.M.Czerny	Prof.Dr.W.Amelung
Prof.Dr.P.Royen	Prof.Dr.W.Rotter
Prof.Dr.W.Halbsguth	Prof.Dr.R.Heinecker
Prof.Dr.T.Wieland	Prof.Dr.R.Thiel
Prof.Dr.H.Giersberg	Prof.Dr.J.Lissner
Prof.Dr.K.Weizler	Prof.Dr.F.J.Lang
Prof.Dr.K.Felix	Prof.Dr.P.Huber
Prof.Dr.E.Heinz	Prof.Dr.A.Hittmair
Prof.Dr.K.Herzberg	Prof.Dr.H.Asperger
Prof.Dr.J.Frey	Prof.Dr.A.Schinzel
Prof.Dr.E.Güntz	Prof.Dr.H.Ganner
Prof.Dr.R.Mittermaier	Prof.Dr.H.Scharfetter
Prof.Dr.W.Artelt	
Prof.Dr.B.Rajewski	
Prof.Dr.Fr.Strnad	
Prof.Dr.P.Holtz	
Prof.Dr.F.Hoff	
Prof.Dr.E.Ungeheuer	
Prof.Dr.O.Käser	

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die der Medizinischen Fakultät Frankfurt/Main zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel " Elektrokymographische Untersuchungen bei isolierter valvulärer Pulmonalstenose " in der I.Med.Klinik Frankfurt/Main unter Leitung von Prof.Dr.med. Josef Lissner ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen Medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch ~~die~~ vorliegende oder eine andere Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Eschborn, den 29. Juni 1966

Kenneth Peritz

